

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التربية الوطنية

الديوان الوطني للامتحانات والمسابقات



امتحان بكالوريا التعليم الثانوي — دورة: **2020**

الشعبة: رياضيات، تقني رياضي

اختبار في مادة: العلوم الفيزيائية — المدة: **04** سا و**30** د

على المترشح أن يختار أحد الموضوعين الآتيين:

الموضوع الأول

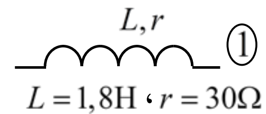
يحتوي الموضوع الأول على 04 صفحات (من الصفحة 01 من 08 إلى الصفحة 04 من 08)

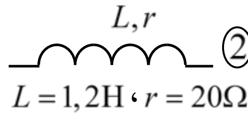
التمرين الأول: (04 نقاط)

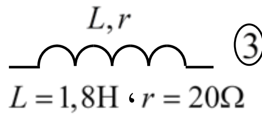
تُزَوَّدُ محركات بعض السيارات بأحدث تقنيات التحكم في حقن البنزين وتُعتبر الوشيعة من بَيْنِ أهم العناصر الكهربائية التي تدخل في تركيب جهاز التحكم هذا.

يهدف هذا التمرين إلى تحديد مميزات وشيعة جهاز التحكم في حقن البنزين

لتطوير جهاز التحكم في حقن البنزين، قام الفريق التقني في مخبر المصنع بدراسة مميزات الوشيعة المستعملة فيه وذلك بتحقيق دارة كهربائية عناصرها مربوطة على التسلسل، تتكون من مولد مثالي لتوتر مستمر قوته المُحركة الكهربائية $E = 6,3\text{V}$ ، ناقل أومي مقاومته R ، قاطعة K ومن إحدى الوشائع التالية:

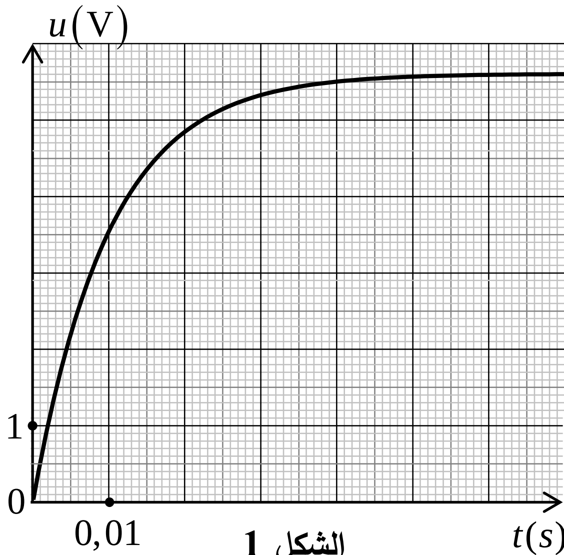






يسمح جهاز حاسوب مع واجهة دخول (ExAO) بمشاهدة أحد التوترين u_R (بين طرفي الناقل الأومي) أو u_b (بين طرفي الوشيعة) بدلالة الزمن.

1. عند غلق القاطعة K يَظْهَرُ على شاشة جهاز الحاسوب المنحنى الممثل في الشكل 1.



الشكل 1

1.1. ارسم الدارة الكهربائية المُحققة وبيّن عليها جهة التيار الكهربائي وجهة التوترين u_R و u_b.

2.1. استعمل قانون أوم وقانون جمع التوترات لكتابة المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر الكهربائي بين طرفي الناقل الأومي $u_R(t)$.

3.1. حل المعادلة التفاضلية السابقة من الشكل: $u_R(t) = A\left(1 - e^{-\frac{t}{B}}\right)$. جِدْ عبارة كل من A و B.

4.1. باستغلال حل المعادلة التفاضلية بَيِّن أنَّ منحنى الشكل 1 يمثل $u_R(t)$.

2. عند بلوغ النظام الدائم كانت شدة التيار المار في الدارة $I_0 = 35mA$.

1.2. أكمل الجدول التالي:

حيث: τ ثابت الزمن للدارة الكهربائية.

$t(s)$	0	τ	5τ
$u_b(V)$			

2.2. باستعمال سُلَّم رسم المنحنى البياني (الشكل 1)، ارسم منحنى تطور التوتر الكهربائي بين طرفي الوشيعة $u_b(t)$.

3.2. عيِّن قيمة المقاومة r للوشيعة المستعملة.

4.2. حَدِّدْ اختيار الفريق التقني للوشيعة المستعملة في جهاز التحكم من بَيْنِ الوشائع السَّابقة مبررا إجابتك.

التمرين الثاني: (04 نقاط)

من تحديات هذا القرن، محاولة إرسال بعثة استكشافية إلى سطح المريخ، حيث دأبت وكالة الطيران والفضاء الأمريكية (NASA) على إعداد الأسس اللوجيستية والعلمية لإرسال البشر في حدود سنة 2030.

يهدف التمرين إلى دراسة بعض خصائص المريخ وكواكب المجموعة الشمسية المجاورة له

1. ما هو المرجع المناسب لدراسة حركة كواكب المجموعة الشمسية؟

2. ذكِرْ بنص قانون كِبلر الأول.

3. إن مراقبة حركة بعض كواكب المجموعة الشمسية مكنتنا من جدول القياسات التالي:

الكوكب	الأرض	المريخ	المشتري
$T(ans)$	1,00		11,86
$r(U.A)$	1,00	1,53	

حيث: T دور الكوكب حول الشمس بالسنة الأرضية، r البعد بين مركزي الكوكب والشمس بالوحدة الفلكية $U.A$

$1U.A = 1,5\times10^{11}\ m$ و $1an = 365\ jours$.

باستعمال القانون الثاني لنيوتن في المرجع سالف الذكر وباعتبار مسارات الكواكب دائرية حول الشمس:

1.3. اكتب عبارة السرعة المدارية v لكوكب من المجموعة الشمسية بدلالة r ، M_S و G .

حيث M_S كتلة الشمس، $G = 6,67\times10^{-11} S.I$ ثابت الجذب العام.

2.3. بيّن أن قانون كبلر الثالث يعطى بالعلاقة: $\dfrac{T^2}{r^3} = \dfrac{4\pi^2}{G\cdot M_S}$

3.3. احسب كتلة الشمس M_S بالكيلوغرام.

4.3. أكمل الجدول أعلاه.

5.3. احسب السرعة المدارية v لكوكبي الأرض والمريخ بِـ $km\cdot s^{-1}$.

6.3. فسّر لماذا تكون السنة الأرضية أقل من السنة المريخية.

التمرين الثالث: (06 نقاط)

يعتبر الطب من أهم المجالات التي عرفت استعمال النشاط الإشعاعي في تشخيص وعلاج الأمراض وذلك بحقن أنوية مشعة معينة في جسم الإنسان، من بين تلك الأنوية التكنيسيوم $^{99}_{43}\mathrm{Tc}$ الذي يستعمل في التصوير الإشعاعي للعظام وذلك لمدة حياته القصيرة وقلة خطورته.

معطيات:

النظير	$^{99}_{43}\mathrm{Tc}$	$^{97}_{43}\mathrm{Tc}$
طاقة الربط $E_\ell(MeV)$	852,53	836,28
نصف العمر $t_{1/2}$	$6\,heures$	$90,1\,jours$

1. للتكنيسيوم عدة نظائر منها النظيران المبينان في الجدول أعلاه.

1.1. عرِّف النظائر وأعط تركيب نواة التكنيسيوم 99.

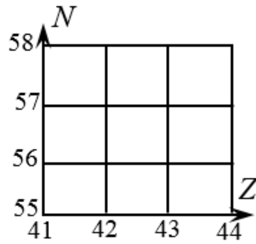
2.1. يُفضّل طبيا استعمال نظير التكنيسيوم 99 بدلا من نظير التكنيسيوم 97 في التصوير الإشعاعي، برِّر.

3.1. حدِّد النظير الأكثر استقرارا مع التعليل.

4.1. ينتج التكنيسيوم 99 عن الموليبدان $^{99}_{42}\mathrm{Mo}$.

1.4.1. اكتب معادلة التحول النووي محدِّدا نوع التفكك.

2.4.1. مثِّل هذا الإشعاع على المخطط (Z,N) المقابل.



2. من أجل تشخيص حالة عظام مريض يستعمل التكنيسيوم 99 في التصوير بالإشعاع النووي، يحقن المريض بجرعة من التكنيسيوم 99 نشاطها الإشعاعي $A_0 = 5\times10^8\ \mathrm{Bq}$ في اللحظة $t=0$ وتؤخذ صورة للعظام المفحوصة في اللحظة t_1 عندما يصبح النشاط الإشعاعي للجرعة $A_1 = 0,6A_0$.

1.2. تحقَّق من أن قيمة ثابت النشاط الإشعاعي للتكنيسيوم 99 هي $\lambda = 3,2\times10^{-5}\ s^{-1}$.

2.2. احسب عدد الأنوية N_0 التي تم حقنها في اللحظة $t=0$.

3.2. حدِّد اللحظة t_1 التي أُخِذت عندها صورة العظام.

4.2. جِد المدة الزمنية t_2 التي من أجلها يختفي النشاط الإشعاعي للجرعة المحقونة في جسم المريض.

التمرين التجريبي: (06 نقاط)

يستعمل النشادر NH_3 في عدة مجالات منها تصنيع الأسمدة الآزوتية وكذلك في صناعة الأدوية والبلاستيك وغيرها من المنتجات.

معطيات:

- تمت القياسات عند درجة الحرارة $25^\circ C$
- الجداء الشاردي للماء $K_e = 10^{-14}$

1. نعتبر محلولا مائيا (S_B) للنشادر NH_3 تركيزه المولي $c_B = 2\times10^{-2} mol\cdot L^{-1}$ ذو $pH = 10,75$.

1.1. اكتب معادلة انحلال النشادر في الماء.

2.1. احسب نسبة التقدم النهائية τ_f لهذا التفاعل، ماذا تستنتج؟

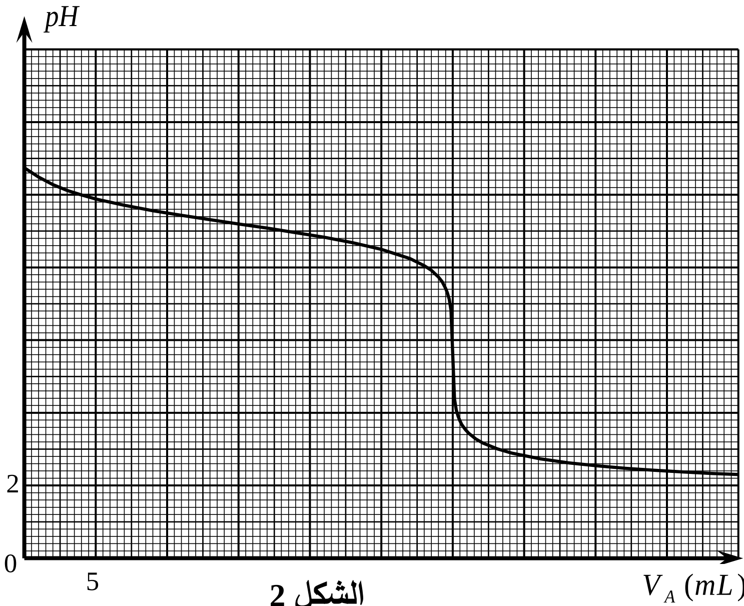
3.1. عبِّر عن ثابت التوازن K لهذا التفاعل بدلالة c_B و τ_f ثم احسب قيمته.

4.1. بيِّن أنّ pKa الثنائية $NH_4^+(aq)/NH_3(aq)$ يحقق العلاقة $pKa = log\dfrac{K}{K_e}$ ثم احسبه.

2. نقوم بمعايرة pH مترية لحجم $V_B = 30mL$ من المحلول (S_B) وذلك بواسطة محلول (S_A) لحمض كلور الهيدروجين $\left(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)\right)$ تركيزه المولي c_A .

اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الحادث أثناء المعايرة.

3. يمثل منحنى الشكل 2 تطور pH المزيج بدلالة حجم الحمض المضاف V_A.



الشكل 2

1.3. عرِّف نقطة التكافؤ ثم عيِّن إحداثيتيها.

2.3. احسب التركيز المولي c_A .

3.3. في غياب جهاز الـ pH متر نستعمل الكاشف الملون أحمر الكلوروفينول مجال تغيره اللوني $[4,8 - 6,4]$.

1.3.3. عرِّف الكاشف الملون.

2.3.3. هل الكاشف أحمر الكلوروفينول مناسب في هذه المعايرة؟ علّل.

3.3.3. حدِّد حجم الحمض المضاف لكي تتحقق النسبة $\left[NH_4^+\right]_f = 5\left[NH_3\right]_f$.

4. تأكّد بيانيا من قيمة pKa الثنائية $NH_4^+(aq)/NH_3(aq)$ مع شرح الطريقة المتبعة.

انتهى الموضوع الأول

الموضوع الثاني

يحتوي الموضوع الثاني على 04 صفحات (من الصفحة 05 من 08 إلى الصفحة 08 من 08)

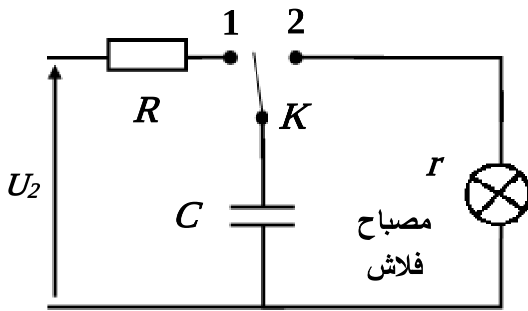
التمرين الأوّل: (04 نقاط)

تستعمل المكثفات في عدة أجهزة كهربائية منها آلة التصوير الفوتوغرافي، والتي تساهم أساسا في إعطاء مصباح الفلاش ومضة ساطعة والذي يحتاج لتوتر أكبر من $250\,V$ لحدوث توهج كافي يسمح بأخذ صورة جيدة.

يهدف هذا التمرين إلى دراسة مبدأ عمل وماض (فلاش) آلة تصوير.

من أجل ذلك يُستعمل عمود كهربائي قوته المحركة الكهربائية $U_1 = 1,5\,V$، والذي يُضخم بدارة كهربائية مناسبة إلى توتر مستمر $U_2 = 300\,V$ لتغذية دارة المكثفة كما في الشكل 1.

معطيات: سعة المكثفة $C = 150\,\mu F$، مقاومة الناقل الأومي $R = 1k\Omega$.



الشكل 1

1. نضع البادلة K في الوضع 1.

1.1. فسّر ماذا يحدث على مستوى لبوسي المكثفة.

2.1. تعطى عبارة ثابت الزمن $\tau = RC$.

بيّن بالتحليل البعدي أنه متجانس مع الزمن ثم احسب قيمته.

3.1. احسب قيمة الطاقة الأعظمية $E_{C_{max}}$ التي تخزنها المكثفة.

4.1. في حالة شحن المكثفة باستعمال عمود كهربائي قوته المحركة الكهربائية $U_1 = 1,5\,V$.

1.4.1. احسب الطاقة الأعظمية $E'_{C_{max}}$ التي تخزنها المكثفة في هذه الحالة.

2.4.1. قارن $E_{C_{max}}$ مع $E'_{C_{max}}$ مبينا الفائدة من شحن المكثفة بالتوتر U_2.

2. بعد شحن المكثفة كليا تحت التوتر U_2 وعند اللحظة $t = 0$ نغير وضع البادلة K إلى الوضع 2.

1.2. مثِّل الدارة الكهربائية في هذه الحالة مبيِّنا الجهة الحقيقية للتيار وأسهم التوترات الكهربائية.

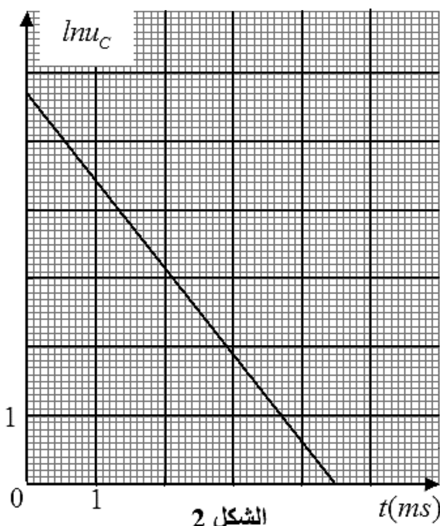
2.2. جِد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $u_C(t)$ بين طرفي المكثفة.

3.2. إذا علمت أنّ حل المعادلة التفاضلية السابقة هو $u_C(t) = U_2 e^{-\frac{t}{\tau'}}$

1.3.2. بيّن أنّ هذا الحل يتوافق مع المنحنى البياني $ln u_C = f(t)$ الشكل 2.

2.3.2. باستغلال البيان جِد قيمة كل من ثابت الزمن τ' ومقاومة مصباح الفلاش r.

3.3.2. قارن بين قيمتي τ و τ' وهل تتوافقان مع مبدأ عمل وماض (فلاش) آلة التصوير؟



الشكل 2

التمرين الثاني: (04 نقاط)

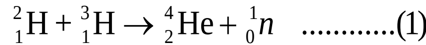
معطيات:

$1u = 931,5MeV / C^2,\ N_A = 6,023\times10^{23} mol^{-1},\ m({}^{235}_{92}U) = 234,99345u\ ,\ m({}^{97}_{39}Y) = 96,91813u$

$m({}^{137}_{Z}I) = 136,91787u\ ,\quad m({}^{1}_{0}n) = 1,00866u$

1. تعتبر الشمس مركزا لتفاعلات اندماج عدة وهي تحتوي على عدة نظائر للهيدروجين والهيليوم.

إن تفاعل الاندماج الأكثر توقعا مستقبلا في المفاعلات النووية موضح بالمعادلة:



$${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n \quad ....(1)$$

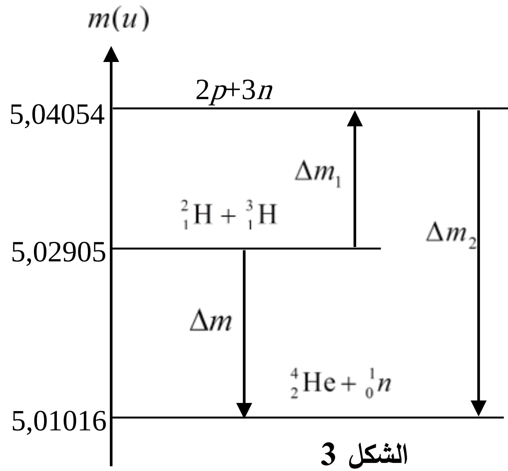
1.1. عرّف تفاعل الاندماج.

2.1. يمثل الشكل 3 مخطط الحصيلة الكتلية للتفاعل (1).

1.2.1. ماذا يمثل كل من Δm وΔm_2 ؟

2.2.1. احسب كل من Δm ، Δm_1 و Δm_2 .

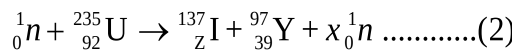
3.1. علما أنّ طاقة الربط لنواة الديتريوم $E_\ell({}^{2}_{1}H) = 2,226\,MeV$ ، استنتج طاقة الربط لنواة التريتيوم $E_\ell({}^{3}_{1}H)$.



الشكل 3

4.1. احسب طاقة الربط لنواة الهيليوم $E_\ell({}^{4}_{2}He)$ والطاقة المحررة E_{1lib} من التفاعل (1) واستنتج الطاقة المحررة E'_{1lib} عند اندماج $1kg$ من الهيدروجين $\left({}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H\right)$ يحتوي على نفس كمية المادة من ${}^{2}_{1}H$ و ${}^{3}_{1}H$.

2. يستعمل اليورانيوم 235 كوقود نووي في المفاعلات النووية لغرض انتاج الطاقة الكهربائية حيث تحدث له عدة تفاعلات نووية من بينها التفاعل التالي:



$${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{137}_{Z}I + {}^{97}_{39}Y + x\,{}^{1}_{0}n \ ....(2)$$

1.2. أعط تركيب نواة اليورانيوم 235.

2.2. بتطبيق قانوني الإنحفاظ، حدد كل من x و Z .

3.2. ما اسم التفاعل (2)؟

4.2. احسب الطاقة المحررة E_{2lib} من التفاعل (2) واستنتج الطاقة المحررة E'_{2lib} عند استعمال $1kg$ من اليورانيوم 235.

5.2. قارن بين قيمتي الطاقتين المحررتين E'_{1lib} و E'_{2lib}. ماذا تستنتج؟

التمرين الثالث: (06 نقاط)

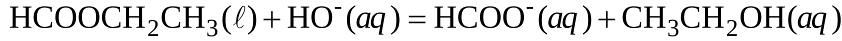
ندرس حركية التفاعل الحادث بين نوع كيميائي $HCOOCH_2CH_3$ ومحلول الصودا $(Na^+ + HO^-)$ عن طريق قياس ناقلية المزيج التفاعلي بدلالة الزمن.

معطيات:

- الناقليات النوعية المولية الشاردية عند درجة الحرارة: $25°C$.
- يهمل التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم H_3O^+ أمام التركيز المولي لشوارد الهيدروكسيد HO^- .

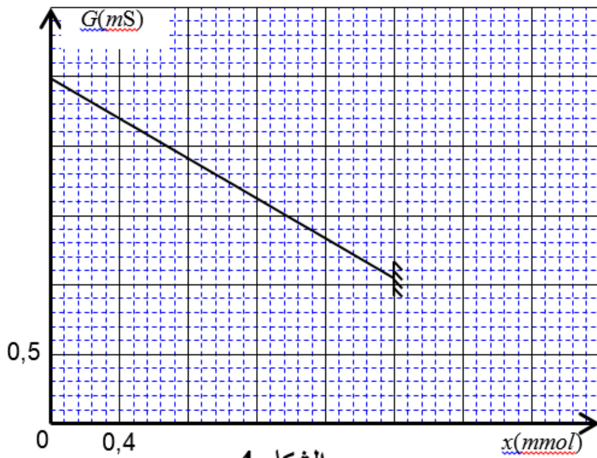
نحقّق عند اللحظة $t=0$ مزيجا من محلول الصودا حجمه $V_0=200\,mL$ تركيزه المولي c_0 و $n_0=2\,mmol$ من النوع الكيميائي $HCOOCH_2CH_3$، نعتبر حجم المزيج التفاعلي هو $V=V_0=200mL$.

معادلة التفاعل التام المنمذج للتحول الحاصل هي:

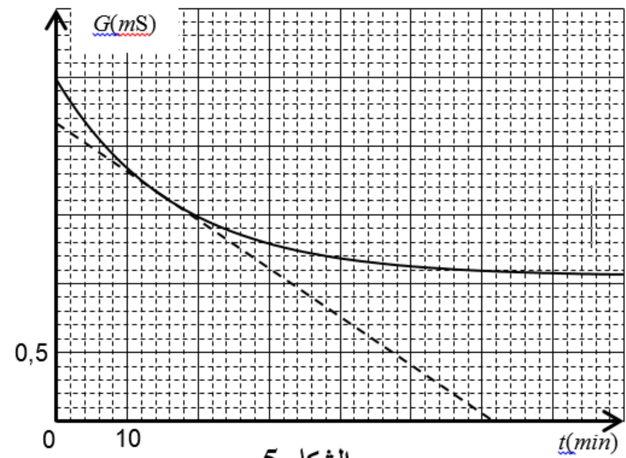


$$HCOOCH_2CH_3(\ell)+HO^-(aq)=HCOO^-(aq)+CH_3CH_2OH(aq)$$

باستعمال برمجية مناسبة تحصلنا على المنحنيين الموضحين في الشكل 4 (تطور الناقلية بدلالة تقدم التفاعل) والشكل 5 (تطور الناقلية بدلالة الزمن).



الشكل 4



الشكل 5

1. هل التفاعل الكيميائي الحادث سريع أم بطيء؟ علّل.
2. اذكر الأنواع الكيميائية المسؤولة عن ناقلية المزيج التفاعلي.
3. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.
4. بيّن أنّ ناقلية المزيج التفاعلي في لحظة t تكتب بالشكل: $G=\frac{K}{V}(\lambda_{HCOO^-}-\lambda_{HO^-})x+K\cdot c_0(\lambda_{HO^-}+\lambda_{Na^+})$

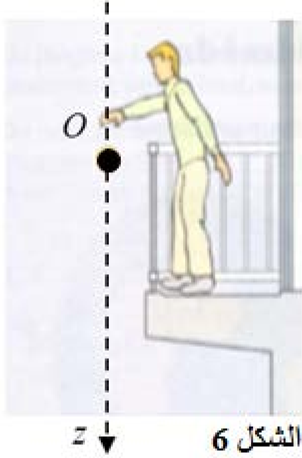
   حيث: K ثابت خلية قياس الناقلية.
5. اعتمادا على المنحنى (الشكل 4)، جِد قيمة كل من ثابت الخلية K والتركيز المولي الابتدائي c_0.
6. انطلاقا من المنحنيين السابقين، جِد التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند اللحظة $t=15min$.
7. بيّن أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل عند لحظة t تكتب بالشكل: $v_V=\frac{1}{K(\lambda_{HCOO^-}-\lambda_{HO^-})}\cdot\frac{dG}{dt}$ ثم احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t=15min$.

التمرين التجريبي: (06 نقاط)

بعد دراسته لموضوع السقوط الشاقولي للأجسام الصلبة في الهواء، أراد محمد تطبيق ما درسه.

ترك من شرفة منزله كرة مطاطية صغيرة متجانسة حجمها $V=1{,}13\times10^{-4}\,m^3$ وكتلتها الحجمية $\rho=88{,}5\,kg\cdot m^{-3}$ لتسقط شاقوليا في الهواء عند اللحظة $t=0$ دون سرعة ابتدائية من النقطة O مبدأ الفواصل الواقعة على ارتفاع $h=17{,}6m$ عن سطح الأرض.

معطيات: الكتلة الحجمية للهواء $\rho_0 = 1,3 kg \cdot m^{-3}$ ، شدة الجاذبية الأرضية $g = 9,8 m \cdot s^{-2}$.

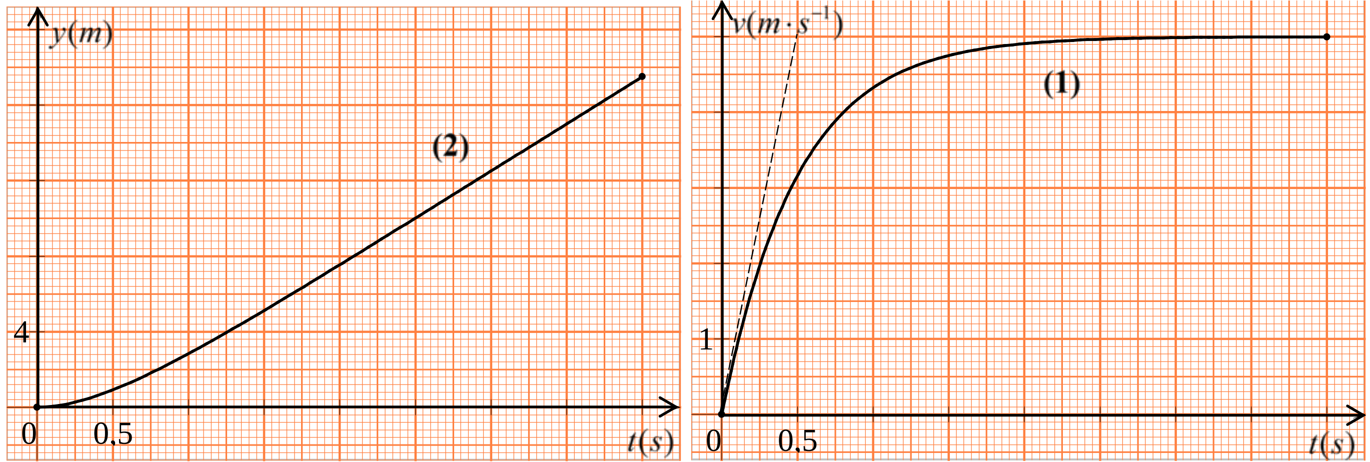


الشكل 6

ولدراسة حركة الكرة اختار معلما خطيا $(\overrightarrow{Oz})$ محوره شاقولي موجه نحو الأسفل مرتبط بمرجع سطح أرضي الذي نعتبره عطاليا، أنظر الشكل 6.

تخضع الكرة أثناء سقوطها لدافعة أرخميدس $\vec{\Pi}$ وكذلك لقوة إحتكاك $\vec{f} = -k\vec{v}$ حيث k ثابت موجب، و v سرعة مركز عطالة الكرة.

1. احسب النسبة $\frac{P}{\Pi}$ وبيّن أنه يمكن إهمال الدافعة $\vec{\Pi}$ أمام ثقل الكرة $\vec{P}$.
2. مثِّل القوى المطبقة على الكرة خلال سقوطها.
3. اكتب المعادلة التفاضلية التي تحققها السرعة v بدلالة: V ، ρ ، g ، k .
4. استنتج عبارة السرعة الحدية للكرة v_{lim}.
5. بواسطة التصوير المتعاقب واستعمال برمجية مناسبة تمكن من الحصول على المنحنيين (1) و (2) الممثلين في الشكل 7 التطور الزمني لكل من الفاصلة $y(t)$ وسرعة مركز عطالة الكرة $v(t)$ أثناء السقوط.



الشكل 7

1.5. عيّن بيانيًا قيمة السرعة الحدية v_{lim}.

2.5. حدّد وحدة الثابت k في الجملة الدولية للوحدات. احسب قيمته.

3.5. احسب معامل توجيه المماس للمنحنى (1) في اللحظة $t = 0$. وماذا يمثل فيزيائيا؟

4.5. عيّن بيانيًا المدة الزمنية للسقوط.

5.5. ما هي مدة كل من النظام الانتقالي والنظام الدائم؟

6.5. تأكد من قيمة السرعة الحدية من المنحنى (2) .

6. مثِّل كيفيا منحنى تطور السرعة بدلالة الزمن عند إهمال الاحتكاك أمام ثقل الكرة، وما طبيعة حركة الكرة عندئذ؟

انتهى الموضوع الثاني

عناصر الإجابة (الموضوع الأوّل)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
التّمرين الأول: (04 نقاط) **.1** **.1.1** رسم الدّارة الكهربائية	$0,25\times 2$	2
.2.1 إيجاد المعادلة التّفاضلية التي يحققها التّوتر الكهربائي بين طرفي النّاقل الأومي $u_R(t)$. بتطبيق قانون جمع التّوترات وقانون أوم: $E=u_R(t)+u_b(t)$ $E=u_R(t)+r\cdot i(t)+L\cdot\frac{di}{dt}$ $E=u_R(t)+r\cdot\frac{u_R(t)}{R}+L\cdot\frac{1}{R}\cdot\frac{du_R}{dt}$ $\frac{du_R}{dt}+\frac{(R+r)}{L}\cdot u_R(t)=\frac{E\cdot R}{L}$	$0,25$ $0,25$	
.3.1 إيجاد عبارة كل من A و B: $u_R(t)=A\left(1-e^{-\frac{t}{B}}\right)$; $\frac{du_R}{dt}=A\cdot\frac{1}{B}\cdot e^{-\frac{t}{B}}$ وبالتّعويض في المعادلة التّفاضلية نجد: $A\cdot\frac{1}{B}\cdot e^{-\frac{t}{B}}+\frac{(R+r)}{L}\cdot A\left(1-e^{-\frac{t}{B}}\right)=\frac{RE}{L}$ $B=\frac{L}{(R+r)}$; $A=\frac{RE}{(R+r)}$	$0,25$ $0,25$	
.4.1 باستغلال حل المعادلة التّفاضلية نُبيّن أن منحنى الشّكل1 يمثّل $u_R(t)$. من أجل $t=0$ نجد: $u_R(0)=0$ ومن قانون جمع التّوترات $u_R(t)+u_b(t)=E$ إذن في اللّحظة $t=0$، $u_b(0)=E$ ومنه منحنى الشّكل1 يمثّل $u_R(t)$. او: لما $t\to\infty$ فإن $u_R=E$	$0,5$	
.2 **.1.2** اكمال الجدول: $t(s)$: 0 ; τ ; 5τ $U_b(\text{V})$: $6,30$; $2,77$; $0,74$ ملاحظة: تمنح $0,5$ في حالة كانت الطريقة دون الوصول للنتيجة.	$0,25\times 3$	2

عناصر الإجابة (الموضوع الأوّل)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
2.2. منحنى تطور التّوتر الكهربائي بين طرفي الوشيعة $u_b(t)$. (منحنى: $u_b(V)$ بدلالة $t(s)$، السلّم: 1 V ؛ 0,01 s)	$0,25$	
3.2. قيمة r مقاومة الوشيعة المستعملة $\begin{cases} rI_0 = E - RI_0 = 0,7\text{V} \\ r = \dfrac{0,7}{I_0} = \dfrac{0,7}{0,035} = 20\Omega \end{cases}$	$0,25$ $0,25$	
4.2. اختيار الفريق التّقني والتّبرير: لتحديد اختيار الفريق التّقني يجب حساب ذاتية الوشيعة L حساب ثابت الزمن τ : من أحد البيانين نجد $\tau = 0,01s$ $L = \tau\left(R + r\right) = 0,01 \times 180 = 1,8\text{H}$ ومنه الوشيعة المستعملة هي رقم 3	$0,25$ $0,25$	
التّمرين الثّاني:(04 نقاط) **1.** المرجع المناسب: المرجع الهيليومركزي	$0,25$	**$0,25$**
2. نص القانون الأول لكبلر: تدور الكواكب في مدارات اهليلجية حول الشّمس التي تمثل أحد محرقيه.	$0,25$	**$0,25$**
.3 **1.3.** عبارة السّرعة المدارية: بتطبيق القانون الثّاني لنيوتن على أحد الكواكب في المرجع الهيليومركزي الذي نعتبره عطاليا: $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}$ وبالإسقاط على المحور الناظمي نجد $F = G\dfrac{M_s m}{r^2} = m\, a_n$ حيث $a_n = \dfrac{v^2_{orb}}{r}$ بالتّعويض نجد $G\dfrac{M_s.m}{r^2} = m\ \dfrac{v^2_{orb}}{r}$ نخلص إلى $v_{orb} = \sqrt{\dfrac{GM_s}{r}}$	$0,25$ $0,25$	**3,5**
2.3. إثبات أن القانون الثالث لكبلر يعطى بالعلاقة: $\dfrac{T^2}{r^3} = \dfrac{4\pi^2}{GM_s}$ لدينا مما سبق: $v_{orb} = \sqrt{\dfrac{GM_s}{r}}$ وكذلك $T = \dfrac{2\pi.r}{v_{orb}}$ بالتّعويض نجد $\dfrac{T^2}{r^3} = \dfrac{4\pi^2}{GM_s}$	$0,25$ $0,25$	

عناصر الإجابة (الموضوع الأوّل)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
3.3. حساب كتلة الشّمس: لدينا $\frac{T^2}{r^3}\frac{4\pi^2}{GM_s} \Rightarrow M_s = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ باستعمال المعطيات الخاصة بكوكب الأرض: نجد $M_S = 2,00\times10^{30}\ kg$	$0,25$ $0,25$	
4.3. تكملة الجدول: المريخ: $T = 1,89\ ans$، المشتري: $r = 5,20\ U.A$	$0,5\times2$	
5.3. السّرعة المدارية للأرض والمريخ: لدينا $v_{orb} = \sqrt{\frac{GM_s}{r}}$ – بالنّسبة إلى الأرض لدينا $v_{orb} = \sqrt{\frac{6,67\times10^{-11}\times2,0\times10^{30}}{1,5\times10^{11}}} = 29,8\ km\cdot s^{-1}$ – بالنّسبة إلى المريخ لدينا $v_{orb} = \sqrt{\frac{6,67\times10^{-11}\times2,0\times10^{30}}{1,53\times1,5\times10^{11}}} = 24,1\ km\cdot s^{-1}$	$0,25$ $0,25$	
6.3. تكون السّنة الأرضية أقل من السّنة المريخية لأن السّرعة المدارية للأرض أكبر من السّرعة المدارية للمريخ ونصف قطر دوران الأرض حول الشّمس أصغر من نصف قطر دوران المريخ حول الشّمس فالأرض تقطع المسار الدائري في زمن أقل.	$0,5$	
التّمرين الثّالث: (06 نقاط) **.1** **1.1.** النّظائر: هي أنوية من نفس العنصر لها نفس العدد الشحني Z وتختلف في العدد الكتلي A. – تتركب نواة التّكنيسيوم 99 من: 43 بروتونا، و56 نيترونا.	$0,5$ $0,5$	$3,5$
2.1. يفضل استعمال النظير 99 لأن نصف عمره $t_{1/2}$ أصغر، وهذا يجعله يوفر الوقت.	$0,25$	
.3.1 $\frac{E_l(^{99}Tc)}{A} = 8,61MeV/nuc$ $\frac{E_l(^{97}Tc)}{A} = 8,62MeV/nuc$ النظير الأكثر استقرارا هو التّكنيسيوم 97 لأن طاقة الرّبط لكل نوّية فيه أكبر من طاقة الرّبط لكل نوّية التّكنيسيوم 99.	$0,25$ $0,25$ $0,5$	
.4.1 **1.4.1.** معادلة التّحول النووي: $^{99}_{42}Mo \rightarrow {}^{99}_{43}Tc + {}^{0}_{-1}e$ نمط التّفكك β^-	$0,5$ $0,25$	
2.4.1. التّمثيل على مخطط (Z, N) N: 58, 57, 56, 55 — Z: 41, 42, 43, 44	$0,5$	

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الأوّل)
مجموعة	مجزأة	
2,5	 0,25 0,25	**.2** **.1.2** لدينا العلاقة: $\lambda = \dfrac{ln2}{t_{1/2}}$ ت.ع: $\lambda = \dfrac{ln2}{6\times3600} = 3,2\times10^{-5}\ s^{-1}$.
	0,25 0,25	**.2.2** حساب عدد الأنوية N_0 التي تم حقنها في اللّحظة $t=0$: لدينا: $A_0 = \lambda N_0 \Rightarrow N_0 = \dfrac{A_0}{\lambda}$ ، و منه: $N_0 = \dfrac{5\times10^8}{3,2\times10^{-5}} = 1,56\times10^{13} noyaux$.
	0,25 0,25 0,25 0,25	**.3.2** تحديد اللّحظة t_1 : من قانون التّناقص الإشعاعي: $A(t) = A_0.e^{-\lambda t}$ ، نكتب: $ln(A(t)) = ln\left(A_0e^{-\lambda t}\right) \Rightarrow -\lambda t = \dfrac{ln(A(t))}{lnA_0} \Rightarrow t = \dfrac{ln\left(\dfrac{A_0}{A(t)}\right)}{\lambda} = -\dfrac{ln(0,6)}{\lambda}$ ت.ع: $t = -\dfrac{ln(0,6)}{3,2\times10^{-5}} = 15963\,s = 4,43\,h$ وهي الفترة التي يجب على المريض انتظارها من أجل أخذ صورة للعظام.
	$0,25\times2$	**.4.2** مدة اختفاء النّشاط: $t_2 = 5\tau = 5\dfrac{1}{\lambda} = \dfrac{5}{3,2\times10^{-5}} = 156250\,s = 1,8\ jours$
3	0,25	**التّمرين التّجريبي: (06 نقاط)** **.1** **.1.1** معادلة انحلال النّشادر في الماء: $NH_3(g) + H_2O(\ell) = NH_4^+(aq) + HO^-(aq)$
	$0,25\times2$ 0,25 0,25	**.2.1** نسبة التّقدم النّهائية τ_f لهذا التّفاعل $\tau_f = \dfrac{x_f}{x_{max}} = \dfrac{[HO^-]_f}{c_B} = \dfrac{10^{pH-14}}{c_B}$ $\tau_f = \dfrac{10^{10,25-14}}{2\times10^{-2}}$ $\tau_f = 2,8\times10^{-2}$ نستنتج أن التّفاعل غير تام لأن $\tau_f < 1$

<table>
<tr><th colspan="2">العلامة</th><th rowspan="2">عناصر الإجابة (الموضوع الأوّل)</th></tr>
<tr><th>مجموعة</th><th>مجزأة</th></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>$0,25\times3$
$0,25$</td><td>3.1. عبارة ثابت التّوازن K لهذا التّفاعل بدلالة c_B و τ_f،
$$K=\frac{[HO^-]_f[NH_4^+]_f}{[NH_3]_f}=\frac{[HO^-]_f^2}{c_B-[HO^-]_f}\Rightarrow K=c_B\frac{\tau_f^2}{1-\tau_f}$$
حساب قيمته: $K=2\times10^{-2}\frac{(2,8\times10^{-2})^2}{1-(2,8\times10^{-2})}\Rightarrow K=1,6\times10^{-5}$</td></tr>
<tr><td>$0,25$
$0,25$
$0,25$</td><td>4.1. التّحقق من علاقة pKa الثنائية NH_4^+/NH_3 :
$$Ka=\frac{[H_3O^+]_f[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}=\frac{K_e}{K}$$
$$-log\,Ka=-log\frac{K_e}{K}\Rightarrow pKa=log\frac{K}{K_e}$$
حساب قيمته: $pKa=log\frac{1,6\times10^{-5}}{10^{-14}}\Rightarrow pKa=9,2$</td></tr>
<tr><td>$0,25$</td><td>$0,25$</td><td>2. معادلة التّفاعل الكيميائي المنمذج للتّحول الحادث أثناء المعايرة:
$$NH_3+H_3O^+=NH_4^++H_2O$$</td></tr>
<tr><td rowspan="4">2,25</td><td>$0,25$
$0,25$</td><td>3.
1.3. تعريف نقطة التّكافؤ: هي النّقطة التي يكون فيها المزيج في شروط ستوكيومترية.
إحداثيتا نقطة التّكافؤ: بطريقة المماسين نجد $E(\ V_{AE}=30mL;\ pH_E=5,6)$</td></tr>
<tr><td>$0,25\times2$</td><td>2.3. حساب التّركيز c_A :عند التّكافؤ:
$$c_AV_{AE}=c_BV_B\Rightarrow c_A=\frac{c_BV_B}{V_{AE}}\Rightarrow c_A=\frac{2\cdot10^{-2}\times30}{30}\Rightarrow c_A=2\times10^{-2}mol\cdot L^{-1}$$</td></tr>
<tr><td>$0,25$</td><td>3.3.
1.3.3. كاشف ملون: مركب كيميائي يتميز بالثّنائية HIn/In^- حيث لون HIn يختلف عن لون In^-</td></tr>
<tr><td>$0,25$</td><td>2.3.3. الكاشف الملون أحمر الكلوروفينول مناسب في هذه المعايرة لأن مجال تغيره اللوني يحتوي على القيمة $pH_E=5,6$.</td></tr>
</table>

عناصر الإجابة (الموضوع الأوّل)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
3.3.3. حجم الحمض المضاف لكي تتحقق النسبة $\left[NH_4^+\right]_f = 5\left[NH_3\right]_f$: $\left[NH_4^+\right]_f = 5\left[NH_3\right]_f \Rightarrow \frac{\left[NH_3\right]_f}{\left[NH_4^+\right]_f} = \frac{1}{5} = \frac{\cancel{c_B} V_B - \cancel{c_A} V_A}{\cancel{c_A} V_A} \Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{V_B}{V_A} - 1$ $\frac{V_B}{V_A} = \frac{6}{5} \Rightarrow V_A = \frac{5}{6} \times 30 \Rightarrow V_A = 25\,mL$ أو : $pH = pKa + log\frac{\left[NH_3\right]_f}{\left[NH_4^+\right]_f} = pKa + log\frac{1}{5}$ ومنه: $pH = 8,5$ وباستعمال المنحنى نجد: $V_A = 25\,mL$	$0,25\times 2$ $0,25$	
4. عند نقطة نصف التّكافؤ $V_B = \frac{V_{BE}}{2} = 15mL$ يكون $pH = pKa$ وباستعمال المنحنى نجد: $pH = pKa = 9,2$	$0,25$ $0,25$	**0,5**

عناصر الإجابة (الموضوع الثّاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
التّمرين الأول: (04 نقاط) **.1** **1.1.** يحدث شحن للمكثفة حيث تتراكم الشحنات الكهربائية السّالبة على اللبوس المتصل بالقطب السّالب للمولد وبالتّالي تظهر شحنات كهربائية موجبة على اللبوس المتصل بالقطب الموجب للمولد.	0,25	
2.1. بالتّحليل البعدي: $[\tau]=[R][C]\Rightarrow[\tau]=\frac{[U]}{[I]}.\frac{[I][T]}{[U]}\Rightarrow[\tau]=[T]$ ومنه τ متجانس مع الزمن حساب قيمته العددية: $\tau=10^3\times150\times10^{-6}\Longrightarrow\tau=0{,}15\,s$	0,25 0,25	1,75
3.1. حساب قيمة الطاقة العظمى E_{Cmax} التي تخزنها المكثفة: $E_{Cmax}=\frac{1}{2}CU_2^2\Rightarrow E_{Cmax}=\frac{1}{2}\times150\times10^{-6}\times(300)^2\Rightarrow E_{Cmax}=6{,}75\,\text{J}$	0,25	
.4.1 **1.4.1.** حساب الطاقة العظمى E'_{Cmax} المخزنة في المكثفة حالة استعمال مولد توتر $U_1=1{,}5\,\text{V}$ $E'_{Cmax}=\frac{1}{2}\times150\times10^{-6}\times(1{,}5)^2\Rightarrow E'_{C\max}=168{,}75\times10^{-6}\,\text{J}$	0,25	
2.4.1. المقارنة: $\frac{E_{Cmax}}{E'_{Cmax}}=\frac{6{,}75}{168{,}75\times10^{-6}}=4\times10^4$ ومنه $E_{Cmax}=4\times10^4E'_{Cmax}$ – الفائدة من شحن المكثفة بالتّوتر U_2: الطاقة العالية التي تخزنها المكثفة تسمح بتوهج كافي للمصباح من أجل أخذ صورة واضحة.	0,25 0,25	
.2 **1.2.** تمثيل الدارة 2 i K U_C C r مصباح فلاش U_r	0,25	2,25
2.2. المعادلة التّفاضلية التي يحققها التّوتر u_C بين طرفي المكثفة: حسب قانون جمع التّوترات $u_C-u_R=0\Rightarrow u_C-ri=0\Rightarrow u_C-r(-C\frac{du_C}{dt})=0$ $\Rightarrow\frac{du_C}{dt}+\frac{1}{rC}u_C=0$	0,25	

عناصر الإجابة (الموضوع الثّاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
.3.2 **.1.3.2** تبيان توافق الحل مع المنحنى البيان $Lnu_C(t)=f(t)$: $u_C(t)=U_2e^{\frac{-t}{\tau'}} \Rightarrow lnu_C(t)=\ln U_2e^{\frac{-t}{\tau'}} \Rightarrow lnu_C(t)=-\frac{1}{\tau'}t+lnU_2$ معادلة المنحنى: $lnu_C(t)=at+b$ بالمطابقة الحل يتوافق مع البيان.	0,25	
.2.3.2 $-\frac{1}{\tau'}=a$ حساب قيمة ثابت الزمن τ': $a=\frac{0-5,7}{(4,5-0)10^{-3}}=-1,27\times10^3$ $\tau'=\frac{1}{1,27\times10^3}$ $\tau'=7,87\times10^{-4}s$ مقاومة مصباح الفلاش: $\tau'=rC \Rightarrow r=\frac{\tau'}{C}$ $r=\frac{7,87\times10^{-4}}{150\times10^{-6}}$ $r=5,2\Omega$	0,25 0,25 0,25 0,25	
.3.3.2 المقارنة بين قيمتي τ و τ': $\frac{\tau}{\tau'}=\frac{0,15}{7,87\times10^{-4}}=190,6$ $\tau=190,6\tau'$ هذه القيمة تتوافق مع استعمال آلة التّصوير (مدة التّفريغ صغيرة جدا أمام مدة الشحن).	0,25 0,25	
التّمرين الثّاني: (04 نقاط) **.1** **.1.1** تعريف الاندماج: هو تفاعل نووي يحدث فيه اندماج نواتين خفيفتين لتشكيل نواة أثقل منهما مع تحرير طاقة عالية ونيترونات.	0,25	2,5
.2.1 **.1.2.1** Δm: النقص الكتلي للتفاعل (1) Δm_2: النقص الكتلي لنواة الهيليوم 4.	0,25 0,25	
.2.2.1 حساب كل من Δm , Δm_1 , Δm_2 $\Delta m_1=5,04054-5,02905=0,01149u$ $\Delta m_2=5,01016-5,04054=-0,03038u$ $\Delta m=5,01016-5,02905=-0,01889u$	0,25 0,25 0,25	

عناصر الإجابة (الموضوع الثّاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
3.1. استنتاج طاقة الربط النووي $E_\ell({}_1^3\mathrm{H})+E_\ell({}_1^2\mathrm{H})=\Delta m_1\times 931,5$ $E_\ell({}_1^3\mathrm{H})=\Delta m_1\times 931,5-E_\ell({}_1^2\mathrm{H})$ $E_\ell({}_1^3\mathrm{H})=8,477\mathrm{M}e\mathrm{V}$	0,25	
4.1. حساب طاقة الربط النووي للهيليوم4 والطاقة المحررة من التّفاعل (1): $E_\ell({}_2^4\mathrm{He})=\lvert\Delta m_2\rvert\times 931,5$ $E_\ell({}_2^4\mathrm{He})=28,3\mathrm{M}e\mathrm{V}$ $E_{1lib}=\Delta m\times 931,5$ $E_{1lib}=-17,6\mathrm{M}e\mathrm{V}$ حساب E'_{1lib} المحررة من تفاعل اندماج $1kg$ من الهيدروجين $({}_1^2\mathrm{H}+{}_1^3\mathrm{H})$ $\lvert E'_{1lib}\rvert=\dfrac{m}{M({}_1^2\mathrm{H})+M({}_1^3\mathrm{H})}\cdot N_\mathrm{A}\cdot\lvert E_{1lib}\rvert=2,12\times10^{27}\,\mathrm{M}e\mathrm{V}$	0,25 0,25 0,25	
.2 1.2. تركيب نواة اليورانيوم235: عدد البروتونات هو92 ، عدد النيترونات هو 143	0,25	1,5
2.2. تحديد x,z بتطبيق قانوني الانحفاظ: $235+1=137+97+x\Rightarrow x=2$ $92+0=z+39+0\Rightarrow\quad z=53$	0,25	
3.2. اسم التّفاعل (2) تفاعل الانشطار النووي.	0,25	
4.2. حساب الطاقة المحررة من التّفاعل (2): $\lvert E_{2lib}\rvert=\lvert\Delta m\rvert\times 931,5$ $\lvert E_{2lib}\rvert=138,6\mathrm{M}e\mathrm{V}$ حساب E'_{2lib} المحررة من تفاعل انشطار $1kg$ من اليورانيوم 235 $\lvert E'_{2lib}\rvert=\dfrac{m}{M({}_{92}^{235}\mathrm{U})}\cdot N_\mathrm{A}\cdot\lvert E_{2lib}\rvert=3,55\times10^{26}\,\mathrm{M}e\mathrm{V}$	0,25 0,25	
5.2. المقارنة بين الطاقتين المحررتين: $\dfrac{\lvert E'_{1lib}\rvert}{\lvert E'_{2lib}\rvert}=5,97\Rightarrow\lvert E'_{1lib}\rvert=5,97\lvert E'_{2lib}\rvert$ نستنتج أن الطاقة المحررة من تفاعل الاندماج أكبر من 5مرات من الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار عند استعمال نفس كتلة الوقود.	0,25	

عناصر الإجابة (الموضوع الثّاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
التّمرين الثّالث: (06 نقاط) **1.** التّفاعل الحادث بطيء لأن مدته تقدر بعدة دقائق (الشّكل 5).	0,25	**0,25**
2. الأفراد الكيميائية المسؤولة عن الناقلية: $Na^+, HO^-, HCOO^-$	$0,25\times3$	**0,75**
3. جدول تقدم التّفاعل: (انظر الجدول أدناه)	0,25 0,25	**0,5**
4. عبارة الناقلية: $G=K\sigma \quad ; \quad \sigma=\lambda_{HCOO^-}[HCOO^-]+\lambda_{HO^-}[HO^-]+\lambda_{Na^+}[Na^+]$ $G=K(\lambda_{HCOO^-}[HCOO^-]+\lambda_{HO^-}[HO^-]+\lambda_{Na^+}[Na^+])$ $G=K(\lambda_{HCOO^-}\frac{x}{V}+\lambda_{HO^-}\frac{c_0V-x}{V}+\lambda_{Na^+}c_0)$ $G=\frac{K}{V}(\lambda_{HCOO^-}-\lambda_{HO^-})x+Kc_0(\lambda_{Na^+}+\lambda_{HO^-})$	0,25 0,25 0,25 0,25	**1**
5. قيمة ثابت الخلية K. من الشّكل 4: $G=a.x+b$ حيث a الميل $a=-0,75\ S\cdot mol^{-1}$ و $b=2,5\times10^{-3}\ S$ بالمطابقة مع العلاقة النظرية: $a=\frac{K}{V}(\lambda_{HCOO^-}-\lambda_{HO^-})$ $\quad K=\frac{aV}{(\lambda_{HCOO^-}-\lambda_{HO^-})}$ $c_0=\frac{2,5\times10^{-3}}{K(\lambda_{Na^+}+\lambda_{HO^-})}$	0,25 0,25 0,25 0,25 0,25	**1.25**
6. التّركيب المولي للمزيج عند $t=15min$ من الشّكل 5 عند $t=15min$ يكون $G=1,6mS$ من الشّكل 4 عند $G=1,6mS$ يكون $x=1,2mmol$ لدينا $n_0=2mmol$ (انظر الجدول أدناه)	0,25 $0,25\times4$	**1.25**

جدول السؤال 3:

	$HCOOCH_2CH_3$ +	HO^- =	$HCOO^-$ +	CH_3CH_2OH
الحالة الابتدائية	n_0	c_0V	0	0
الحالة الانتقالية	n_0-x	c_0V-x	x	x
الحالة النهائية	n_0-x_f	c_0V-x_f	x_f	x_f

جدول السؤال 6:

	$HCOOCH_2CH_3$ +	HO^- =	$HCOO^-$ +	CH_3CH_2OH
$t=15min$	n_0-x $0,8mmol$	c_0V-x $0,8mmol$	x $1,2mmol$	x $1,2mmol$

عناصر الإجابة (الموضوع الثّاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
7. عبارة السّرعة الحجمية للتفاعل: $v_V = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$ لدينا $G = \frac{K}{V}(\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{HO^-})x + Kc_0(\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-})$ $x(t) = \frac{G(t) - Kc_0(\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-})}{\frac{K}{V}(\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{HO^-})}$ بالاشتقاق نجد $\frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{\frac{K}{V}(\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{HO^-})} \cdot \frac{dG(t)}{dt}$ ومنه تصبح السّرعة الحجمية: $v_V = \frac{1}{V}\frac{1}{\frac{K}{V}(\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{HO^-})} \cdot \frac{dG(t)}{dt}$ $v_V = \frac{1}{K(\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{HO^-})} \cdot \frac{dG(t)}{dt}$ $\left[\frac{dG(t)}{dt}\right]_{15\min} = -0.035 ms.\min^{-1}$ لكن يمكن استعمال عبارة البيان الخاص بالشكل4،وعليه $G = -725x + 2.5$ $x = \frac{2.5 - G}{725}$ ومنه $v_V = -\frac{1}{725V} \cdot \frac{dG(t)}{dt}$ في اللحظة t=15min تمثل ميل المماس: $v_V = -\frac{1}{725.02} \cdot \frac{0 - 2.15}{(61-0).60}$ $v_v = 4.05.10^{-6} mol / L.s$	0,25 0,25 0,25 0,25	1
التّمرين التّجريبي: (06 نقاط) 1. حساب النّسبة $\frac{P}{\Pi}$: $\frac{P}{\Pi} = \frac{mg}{\rho_{air} V g} = \frac{\rho}{\rho_{air}} = \frac{88,5}{1,3} = 68$ نعم، يمكن إهمال الدافعة أمام الثقل، لأن شدة $\vec{P}$ أكبر من شدة $\vec{\Pi}$ بـ 68 مرة.	0,25 0,25	0,5
2. تمثيل القوى المطبقة على الكرة خلال سقوطها: O $\vec{j}$ $\vec{f}$ G $\vec{P}$ z	0,25	0,25

<table>
<tr><th rowspan="2">عناصر الإجابة (الموضوع الثّاني)</th><th colspan="2">العلامة</th></tr>
<tr><th>مجزأة</th><th>مجموعة</th></tr>
<tr><td>3. المعادلة التّفاضلية التي تحققها سرعة مركز عطالة الكرة:
بتطبيق القانون الثّاني لنيوتن على الكرة في مرجع سطحي أرضي الذي نعتبره غاليليا:
$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\overrightarrow{a_G} \Leftrightarrow \overrightarrow{P} + \overrightarrow{f} = m\overrightarrow{a_G}$
بالإسقاط على المحور الشاقولي نجد: $P - f = m a_G$ ، أي: $m g - k v = m\frac{dv}{dt}$
نجد: $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v = g$ ، إذن: $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{\rho V} v = g$

4. عند بلوغ الكرية السّرعة الحدّية: $\frac{dv}{dt} = 0$
$v_{lim} = \frac{\rho V g}{k}$</td><td>0,25
0,25×2
0,25

0,25
0,25</td><td>1

0,5</td></tr>
<tr><td>.5
1.5. من البيان (1) نجد: $v_{lim} = 5\, m \cdot s^{-1}$</td><td>0,25</td><td rowspan="5">3,25</td></tr>
<tr><td>2.5. التّحليل البعدي:
$k = \frac{f}{v} \Rightarrow [k] = \frac{[f]}{[v]} = \frac{[M]\cdot[L]\cdot[T]^{-2}}{[L]\cdot[T]^{-1}}$
$[k] = [M]\cdot[T]^{-1}$
وحدة k في الجملة الدولية هي: $kg \cdot s^{-1}$
قيمة k: $k = \frac{\rho V g}{v_{lim}} = \frac{88,5 \times 1,13 \times 10^{-4} \times 9,8}{5} = 1,96 \times 10^{-2} kg \cdot s^{-1}$</td><td>0,25×2
0,25
0,25×2</td></tr>
<tr><td>3.5. معامل توجيه المماس للمنحنى (1) في اللّحظة $t = 0$:
$\left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{t=0} = \frac{5}{0,5} = 10\ m \cdot s^{-2}$
ويمثل فيزيائيا تسارع حركة الكرة في اللّحظة $t = 0$.</td><td>0,25
0,25</td></tr>
<tr><td>4.5. المدة الزّمنية للسقوط: من البيان(2)، لدينا من أجل $y = 17,6\, m$ ، $t = 4\, s$.</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>5.5. مدة النّظام الانتقالي: $\Delta t_1 = 2,75 s$
مدة النّظام الدّائم: $\Delta t_2 = 1,25 s$</td><td>0,25
0,25</td></tr>
</table>

6.5. التّأكد من قيمة السّرعة الحدّية باستعمال المنحنى (2) قيمة السّرعة الحدّية تمثل ميل المنحنى (2) في لحظة من المجال الزّمني للنّظام الدّائم. $v_{lim} = \left(\frac{dy}{dt}\right)_{2,75s \le t \le 4s} = 5\, m \cdot s^{-1}$	0,25 0,25	
6. تمثيل مخطط السّرعة كيفيا في حالة إهمال قوة الاحتكاك أمام ثقل الكرة: – تكون حركة الكرة مستقيمة متسارعة بانتظام (سقوط حر). $v\,(m.s^{-1})$ ، $t\,(s)$ ، 0	0,25 0,25	**0,5**